



## Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

### SCENARIO DI RIFERIMENTO

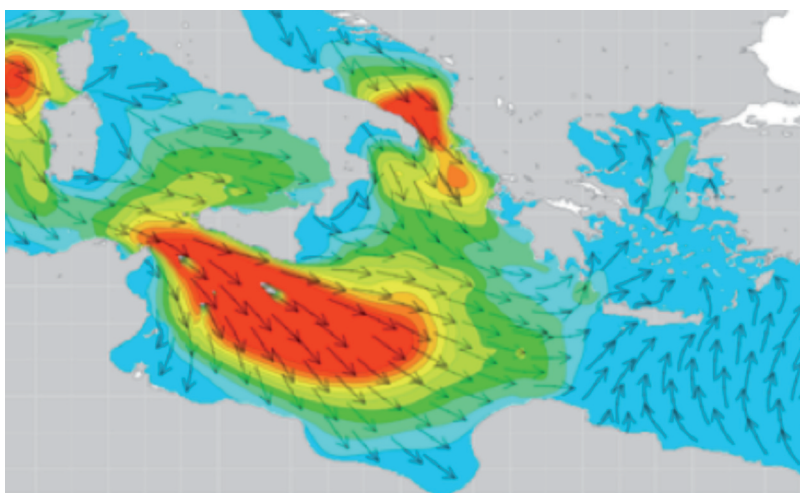
L'idea di convertire in energia elettrica l'energia associata al moto ondoso e alle correnti di marea non è recente; nel tempo sono stati sviluppati diversi progetti finalizzati alla realizzazione di dispositivi per la generazione di energia elettrica dal mare. Molti di essi sono attualmente in attività e hanno dimostrato di poter essere operativi anche in condizioni difficili, come in occasione di mareggiate oceaniche. Essi sono installati sia in paesi Europei che in altri continenti, come ad esempio Australia e Asia.

Lo sfruttamento dell'energia dal mare è a uno stadio meno avanzato rispetto a quello di altre risorse rinnovabili quali il vento o il sole, anche perché presenta un grado di complessità operativa più elevato. Tuttavia, esso può essere di grande interesse per un Paese come l'Italia, con forte sviluppo costiero e limitate disponibilità di altre fonti energetiche. Sistemi di produzione di energia dal mare possono essere particolarmente interessanti per le numerose isole presenti in Italia, in molte delle quali l'approvvigionamento energetico, realizzato comunemente da centrali termoelettriche a gasolio, risulta oneroso dal punto di vista economico e di non trascurabile impatto ambientale. Inoltre, lo sviluppo dei sistemi di assorbimento e conversione energetica di tipo costiero, sia di tipo galleggiante che a barriere sommerse poggiate su bassi fondali, può avere una valenza significativa anche per la riduzione dei fenomeni di erosione costiera.

Le attività di ricerca rivolte allo sfruttamento del moto ondoso e delle correnti di marea vedono primeggiare i centri di ricerca del nord Europa, quindi i

sistemi la cui fase di sviluppo è più avanzata sono stati progettati per operare con condizioni oceaniche, dove l'altezza delle onde è decisamente elevata. Nel caso dell'Italia, le sue coste sono bagnate da onde di piccola altezza e minor periodo. È quindi necessario cercare di sviluppare dispositivi che siano in grado di

sfruttare al massimo queste caratteristiche. La ricerca in ambito italiano nel settore è attiva da circa dieci anni, con progetti mirati allo sviluppo di dispositivi atti a funzionare nel Mar Mediterraneo in particolare e in zone oceaniche in genere. Il rapido espandersi di tecnologie per lo sfrutta-



mento delle correnti marine e delle onde rende necessaria una stima accurata delle risorse naturali potenzialmente disponibili nei mari italiani, e di quelle realmente sfruttabili dalle diverse tecnologie che si stanno affacciando sul mercato.

### OBIETTIVI

Le attività di ricerca mirano a quantificare l'energia che può essere immessa nella rete elettrica, ricavabile da appositi convertitori del moto ondoso e delle correnti marine in siti specifici della costa italiana. Un primo obiettivo ha riguardato la stima del potenziale energetico in tali siti, basata sulla valutazione dell'energia associata al clima ondoso e sulla valutazione dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi (dati determinanti durante la fase di progettazione e installazione dei dispositivi di conversione), e lo sviluppo di un sistema operativo per la previsione dell'energia del moto ondoso su tutto il Mediterraneo.

Un secondo obiettivo riguardava il miglioramento dei dispositivi di conversione del moto ondoso del tipo a colonna d'acqua oscillante (Oscillating Water Column OWC), in particolare di un U-OWC, implementando un modello matematico di tipo CFD per la riproduzione dell'idrodinamica da validare poi con attività sperimentali su modello in scala. Altro obiettivo era la progettazione in scala reale di un dispositivo di conversione ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter) di tipo point absorber di potenza 60 kW, con l'ottimizzazione di tutte le parti del sistema (scafo, gruppo giroscopico e generatore elettrico) per il miglior compromesso tra costi di realizzazione e prestazioni del dispositivo. Per quanto riguarda l'energia da correnti di mare l'attività prevedeva una campagna di misure delle correnti nello Stretto di Messina nell'area relativa al punto di massima energia. L'area è stata individuata grazie ai dati prodotti dalla simulazione numerica sviluppata in precedenza (2011) e le misure sono finalizzate alla validazione del modello numerico.

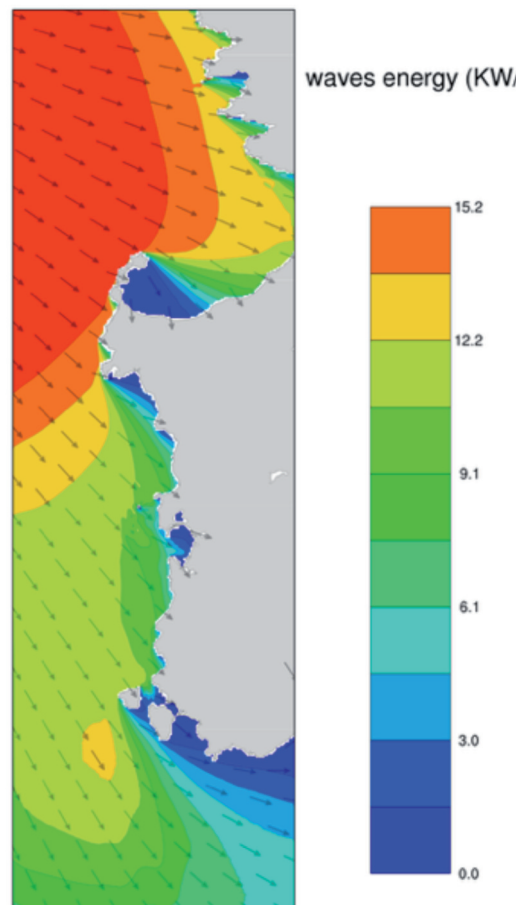
## RISULTATI

### Sviluppo di un sistema operativo per la previsione dello stato del mare e dell'energia a esso associato

Una prima parte delle attività era rivolta alla creazione di un sistema operativo per la previsione dell'energia del moto ondoso su tutto il Mediterraneo come supporto modellistico all'applicazione di tecnologie innovative di estrazione dell'energia.

Forecast valid for 01:00 GMT 17 Oct 2013  
Init 00:00 GMT 17 Oct 2013  
western sardinia

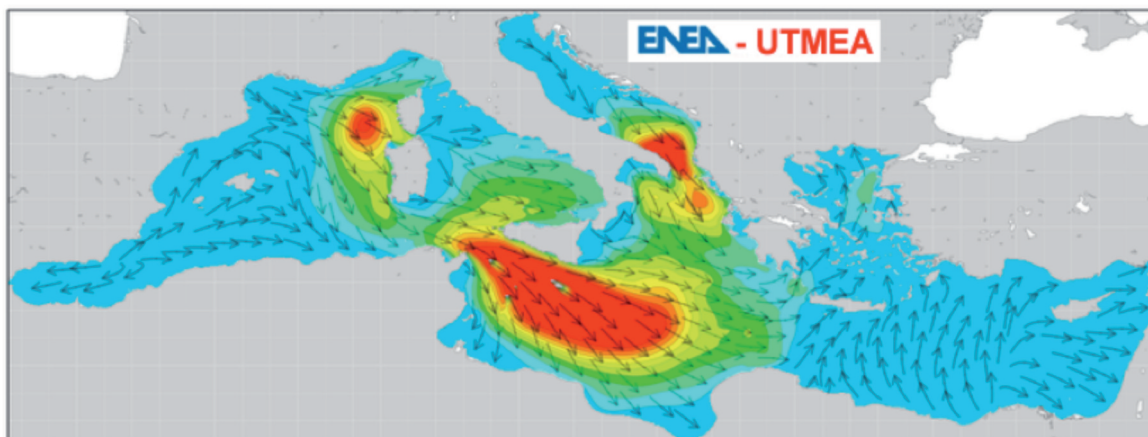
ENEA - UTMEA



*Esempio di previsione del valore dell'energia e della direzione per la costa Occidentale della Sardegna*

Forecast valid for 01:00 GMT 17 Oct 2013  
Init 00:00 GMT 17 Oct 2013

ENEA - UTMEA



waves energy [Kw/m]

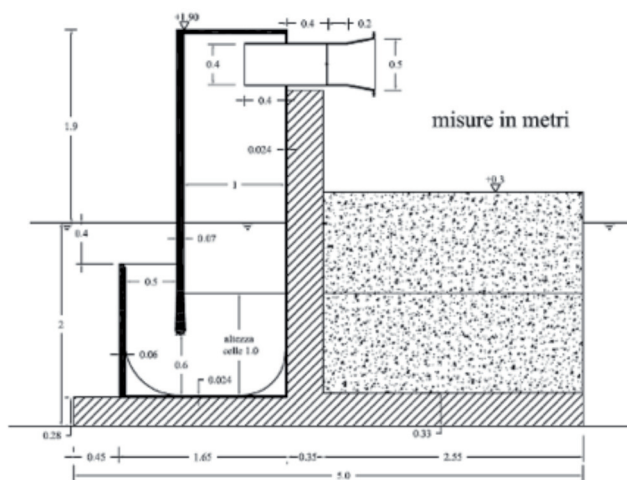


*Esempio di previsione del valore dell'energia e della direzione per l'intero Mediterraneo*

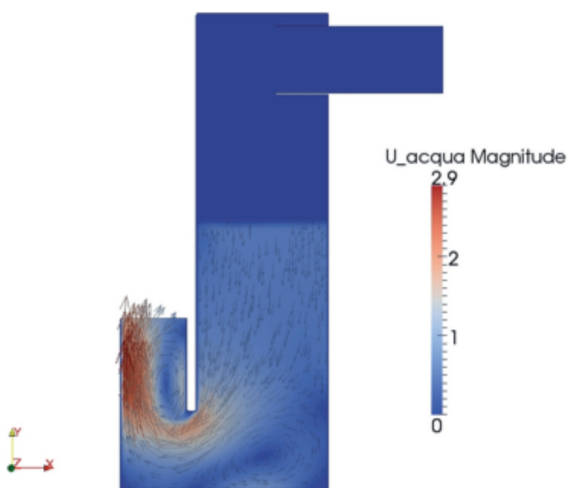
Il prodotto è un sistema operativo di tipo rilocabile multi-nesting (annidato) in grado di fornire in maniera regolare le previsioni dello stato del mare e dell'energia a esso associato su tutto il bacino del Mediterraneo ad una risoluzione di circa 3-4 km, e per le aree di interesse fino a 800 m di risoluzione. All'interno delle aree di interesse un ulteriore livello di nesting consente di fornire la previsione nelle immediate vicinanze della costa (poche decine di metri). Particolare attenzione è stata rivolta allo sviluppo di siti web e web-gis dedicati alla presentazione e diffusione dei dati delle previsioni.

### Studio dei dispositivi di tipo OWC (Oscillating Water Column) in generale, e dei convertitori del tipo U-OWC in particolare

Si è fatto riferimento a uno specifico impianto per la conversione dell'energia ondosa in energia elettrica



Andamento della velocità dell'acqua all'interno di un U-OWC come simulato dal modello CFD



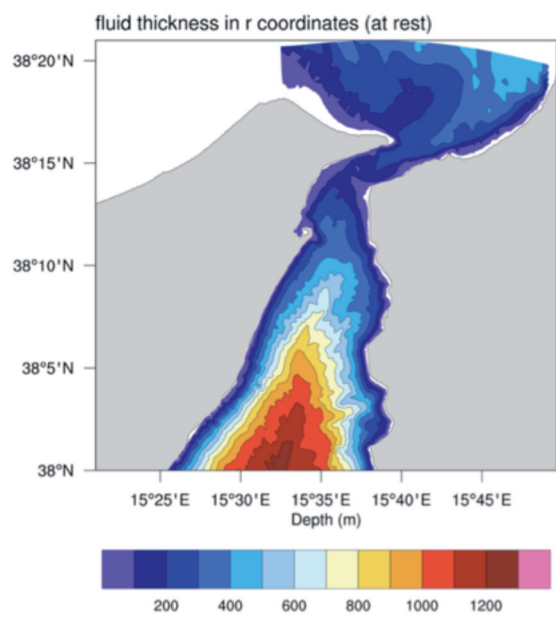
Schema sistema modello U-OWC

appartenente alla famiglia degli OWC (Oscillating Water Column), denominato U-OWC. Gli OWC sono dispositivi muniti di una camera di assorbimento con imboccatura posta al di sotto del livello di medio mare, che contiene nella parte inferiore acqua e nella parte superiore aria, la quale è posta in collegamento con l'atmosfera mediante un condotto in cui è alloggiata una turbina, generalmente di tipo Wells.

Nel progetto è stata condotta un'analisi puntuale e dettagliata per il dimensionamento ottimizzato di un impianto U-OWC in funzione dello stato del mare. È stato inoltre realizzato un modello numerico di tipo CFD del convertitore da validare in seguito attraverso test sperimentali da eseguire su un modello in scala installato in mare. Il modello è in fase di allestimento presso il laboratorio NOEL (Natural Ocean Engineering Laboratory, [www.noel.unirc.it](http://www.noel.unirc.it)) dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria.

### Campagna di misura delle velocità di marea nelle vicinanze del punto più energetico dello Stretto di Messina

Lo studio condotto ha avuto per oggetto il rilievo sperimentale della velocità della corrente marina in uno specifico sito di misura. In particolare si è preso in esame un sito posizionato nell'area dello stretto di Messina. Utilizzi fondamentali dei dati ricavati dalla misura delle correnti possono essere trovati nella stima della producibilità energetica nell'area di studio e nella verifica di modelli numerici per la predizione del comportamento delle correnti, come ad esempio quello messo a punto da ENEA.



Batimetria del modello numerico

Lo strumento utilizzato per le rilevazioni è un profi-  
 lometro sonico. Tale strumento appartiene ad una  
 classe di strumenti nota come correntometri doppler  
 monostatici. Il termine monostatico si riferisce al  
 fatto che lo stesso trasduttore funziona sia come tra-  
 smettitore che come ricevitore. Un rilevatore Doppler  
 monostatico usa un set di trasduttori acustici di cui  
 sono noti esattamente il posizionamento e l'orienta-  
 zione, ciascuno dei quali produce uno stretto fascio  
 di onde sonore emesse normalmente alla superficie  
 del trasduttore.

I dati rilevati dal sensore rappresentano la velocità e  
 la direzione della corrente a varie profondità che,  
 riportate in celle di misura definibili dall'utente, con-  
 sentono di ricostruire il profilo di velocità in funzione  
 della profondità, aumentando il livello di dettaglio  
 dello studio della corrente.

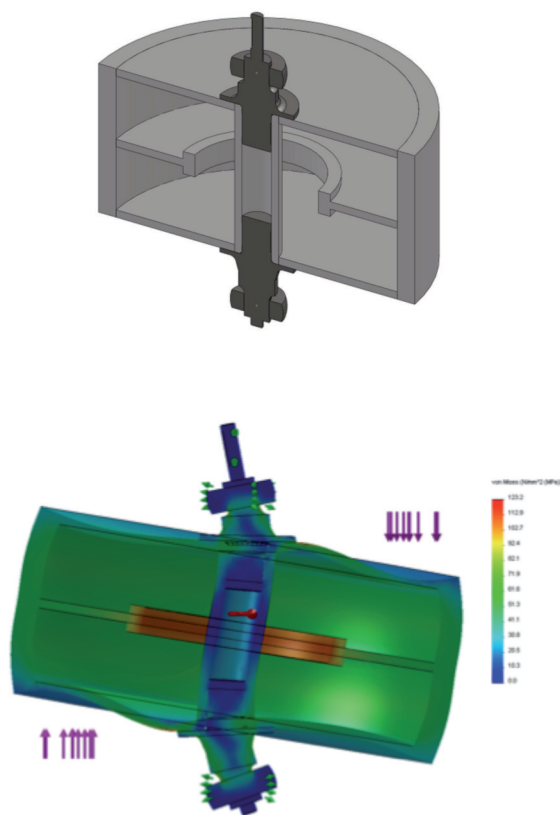
Le misure acquisite durante la campagna di misura  
 sono state successivamente utilizzate per validare il  
 modello numerico MITgcm. Da un primo confronto  
 qualitativo emerge che il modello è in grado di ripro-  
 durre l'andamento reale. Il modello però mostra dei  
 valori di corrente leggermente più alti rispetto ai dati  
 sperimentali e le differenze sono dovute principal-  
 mente alle condizioni al contorno scelte per forzare il  
 modello oceanografico. Il modello, infatti, è forzato  
 solo dalla corrente barotropica di marea. Tuttavia  
 nello Stretto di Messina agiscono anche la compo-  
 nente eolica e la pressione atmosferica che sono ca-  
 paci di modificare localmente l'andamento delle  
 correnti di marea e di mascherare il loro carattere se-  
 midiurno. Da questo confronto emerge quindi la ne-  
 cessità di introdurre il vento e la pressione  
 atmosferica come ulteriori condizione al contorno del  
 modello numerico.

### Studio di un convertitore di tipo point absorber e alla sua progettazione in scala reale

Le attività hanno riguardato il progetto del sistema  
 ISWEC in scala reale con taglia di potenza 60 kW,  
 che è stato sviluppato a partire dai dati di onda ac-  
 quisiti per il sito di Pantelleria. La procedura di pro-  
 getto inizia con la scelta di una condizione "tipo",  
 detta "onda di progetto", per ricavare un primo di-  
 mensionamento di massima del sistema. Il progetto è  
 stato suddiviso in 4 fasi: i) nella prima fase sono state

analizzate diverse geometrie di scafo, variandone sia  
 le dimensioni sia il materiale, nonché la forma e la  
 distribuzione della massa di zavorra; ii) nella seconda  
 fase è stato analizzato il gruppo giroscopico e il suo  
 accoppiamento con il generatore elettrico; iii) la terza  
 fase è stata caratterizzata dall'ottimizzazione del  
 gruppo giroscopico/generatore elettrico in termini di  
 taglia del generatore elettrico e dell'elettronica di  
 gestione della potenza, velocità angolare del volano,  
 dissipazioni energetiche; iv) nella quarta fase è stato  
 analizzato il volano dal punto di vista strutturale.

A valle della progettazione fisica del dispositivo è  
 stata affrontata la definizione di una logica di con-  
 trollo per l'ottimizzazione delle prestazioni del  
 sistema durante il funzionamento in mare, in condi-  
 zioni reali.



*Soluzione scelta per il volano e  
 rappresentazione grafica delle sollecitazioni  
 del volano sottoposto alle azioni centrifughe  
 e giroscopiche*

*Area di ricerca: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente*

*Progetto B.1.4: Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso*

*Referente: G.Sannino, gianmaria.sannino@enea.it*